

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



DE 04/1425

REC'D 20 AUG 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 30 831.8

Anmeldetag: 08. Juli 2003

Anmelder/Inhaber: MTU Aero Engines GmbH, 80995 München/DE

Bezeichnung: Fräsverfahren zur Fertigung von Bauteilen

IPC: B 23 C, B 23 Q, G 05 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Letang



Fräsverfahren zur Fertigung von Bauteilen

Die Erfindung betrifft ein Fräsverfahren zur Fertigung von Bauteilen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

5

Die hier vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet der Frästechnik, insbesondere das HSC-Fräsen (High Speed Cutting Fräsen), welches auch als HPC-Fräsen (High Performance Cutting Fräsen) bezeichnet wird.

- 10 Beim Fräsen eines Werkstücks zur Fertigung eines Bauteils ist es von entscheidender Bedeutung, dass der Fräser bzw. das Fräswerkzeug beim Fräsen die Geometrie bzw. Freiformfläche des zu fräsenden Bauteils nicht verletzt. Handelt es sich bei dem zu fräsenden Bauteil zum Beispiel um einen Rotor mit integraler Beschaufelung, wobei bei einem solchen Rotor mithilfe des Fräsverfahrens Strömungskanäle zwischen benachbarten
- 15 Schaufeln herauszufräsen sind, so darf der Fräser bzw. das Fräswerkzeug beim Herausfräsen eines Strömungskanals die den Strömungskanal begrenzenden Schaufeln bzw. die korrespondierenden Schaufeloberflächen derselben nicht verletzen. Es muss demnach eine Kollision des Fräasers mit den Schaufeln bzw. Schaufeloberflächen sicher vermieden werden. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn die Werkzeugbahnen
- 20 bzw. die Werkzeugvektoren unter Verwendung von Vorlaufwinkeln und Anstellwinkeln definiert werden.

- Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Fräsverfahren zur Fertigung von Bauteilen vorzuschlagen.

25

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Fräsverfahren durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

- Erfindungsgemäß wird zusätzlich zu der oder jeder Werkzeugbahn mindestens eine
- 30 Kollisionskontur definiert, wobei die Lage bzw. Ausrichtung des Fräswerkzeug relativ zu der oder jeder Kollisionskontur überwacht wird, und wobei die Lage bzw. Ausrichtung des Fräswerkzeug verändert wird und/oder eine Fehlermeldung generiert wird, wenn zumindest eine der Kollisionskonturen vom Fräswerkzeug verletzt wird. Mit der hier

vorliegenden Erfindung wird ein besonders effektives Verfahren vorgeschlagen, um eine Kollision des Fräsers mit Oberflächen des zu fertigenden Bauteils sicher zu vermeiden.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden zum Fräsen von

- 5 Vertiefungen, die durch zwei Seitenwände begrenzt werden, zwei Kollisionskonturen definiert, wobei eine erste Kollisionskontur einer ersten Seitenwand und eine zweite Kollisionskontur einer zweiten Seitenwand entspricht. In dem Fall, in welchem das Fräswerkzeug die Kollisionskontur verletzt, die der aktuell zu fräsenden, ersten Seitenwand entspricht, wird die Lage bzw. Ausrichtung des Fräswerkzeug derart verändert, dass die
- 10 Verletzung der Kollisionskontur beseitigt wird. In dem Fall, in welchem das Fräswerkzeug die Kollisionskontur verletzt, die der zweiten Seitenwand entspricht, welche der aktuell zu fräsenden ersten Seitenwand gegenüberliegt, wird ein Fehlerprotokoll und/oder eine Fehlermeldung erzeugt.

- 15 Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

20

Fig. 1: einen stark schematisierten Querschnitt durch einen Rotor mit integraler Beschaukelung und mit einem Fräser in zwei unterschiedlichen Positionen zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

25

Fig. 2: einen stark schematisierten Querschnitt durch einen Rotor mit integraler Beschaukelung und mit einem Fräser in zwei weiteren unterschiedlichen Positionen.

30

Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die Figuren in größerem Detail erläutert. Bevor jedoch die Details des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt werden, sollen nachfolgend einige Begriffe definiert werden, auf die später Bezug genommen wird.

Die Fräsbearbeitung des zu bearbeitenden Werkstücks bzw. Werkstoffs erfolgt mithilfe eines Werkzeugs, einem sogenannten Fräser. Beim Fräsen steht der Fräser im Eingriff mit dem Werkstoff. Zur Bearbeitung des Werkstücks wird das Werkzeug bzw. der Fräser relativ zum Werkstück bzw. Werkstoff bewegt. Die Bewegung des Werkzeugs bzw. Fräasers relativ zum Werkstück wird durch sogenannte Werkzeugkoordinaten beschrieben, wobei die Werkzeugkoordinaten die Position eines Werkzeugbezugspunkt definieren. Die Bewegung des Werkzeugbezugspunkts bei der Fräsbearbeitung des Werkstücks bezeichnet man als Werkzeugbahn bzw. Fräsbahn.

10 Ausgehend von einer Werkzeugspitze bzw. dem Werkzeugbezugspunkt erstreckt sich ein Vektor entlang einer Werkzeugachse bzw. eines Werkzeugschaftes des Werkzeugs bzw. Fräasers. Diesen Vektor entlang der Werkzeugachse ausgehend von der Werkzeugspitze in Richtung des Werkzeugschaftes bezeichnet man als Werkzeugvektor.

15 Die Fräsbearbeitung eines Werkstücks zur Ausbildung einer definierten dreidimensionalen Freiformfläche erfolgt mithilfe eines sogenannten 5-Achsfräsens. Beim 5-Achsfräsen kann das Werkzeug in fünf Achsen relativ zum zu bearbeitenden Werkstück bewegt werden. Drei Achsen dienen der linearen Relativbewegung des Werkzeugs relativ zum Werkstück, so dass jeder Punkt im Raum angefahren werden kann. Zusätzlich zu dieser linearen

20 Bewegung entlang der sogenannten Linearachsen ist das Werkzeug zur Realisierung von Hinterschneidungen auch um eine Schwenkachse sowie eine Kippachse bewegbar. Entlang der Schwenkachse sowie der Kippachse werden rotatorische Bewegungen des Werkzeugs ermöglicht. Hierdurch ist es möglich, dass alle Punkte im Raum ohne Kollision angefahren werden können. Die Schwenkachse sowie die Kippachse werden häufig auch allgemein mit
25 Rundachsen bezeichnet.

Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 1 und 2 in größerem Detail erläutert. Fig. 1 und 2 zeigen stark schematisiert einen Rotor 10 mit integraler Beschaufelung, wobei in Fig. 1 und 2 jeweils zwei Rotorschaukeln 11, 12 gezeigt sind.

30 Zwischen den Rotorschaukeln 11, 12 wird ein Strömungskanal 13 eingeschlossen. Das erfindungsgemäße Fräsverfahren dient nun der Fertigung eines solchen Rotors 10, wobei mithilfe eines Fräswerkzeugs bzw. Fräasers der Strömungskanal 13 derart herauszufräsen ist, dass sich die gewünschte Kontur der Rotorschaukeln 11, 12 ergibt. Es sei nochmals

daraufhingewiesen, dass die Darstellung in Fig. 1 und 2 stark schematisiert ist. Die Form und Abmessung der Rotorscheaufeln 11, 12 sowie die Form und Abmessung des von den Rotorscheaufeln 11, 12 begrenzten Strömungskanals 13 wurde ausschließlich aus Gründen einer einfachen Darstellung gewählt und ist für das Prinzip der hier vorliegenden Erfindung von untergeordneter Bedeutung.

In Fig. 1 und 2 ist jeweils ein Fräswerkzeug 14 in zwei unterschiedlichen Positionen gezeigt. Eine erste Position des Fräswerkzeugs 14 ist jeweils in durchgezogenen Linien ausgeführt und entspricht einer Lage bzw. Ausrichtung des Fräswerkzeugs 14, in welcher das Fräswerkzeug 14 die Kontur der Rotorscheaufeln 11 und 12 nicht verletzt. In dieser Lage bzw. Ausrichtung des Fräswerkzeugs liegt demnach keine Kollision mit dem zu fertigenden Bauteil bzw. Rotor 10 vor. In einer zweiten Lage bzw. Ausrichtung des Fräswerkzeugs 14, die in Fig. 1 und 2 mit gestrichelten Linien dargestellt ist, schneidet das Fräswerkzeug die Kontur der Rotorscheaufeln 11 bzw. 12 und kollidiert demnach mit der zu fertigenden Bauteilgeometrie. Eine derartige Kollision muss vermieden werden.

Im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens wird hierzu zusätzlich zu der oder jeder Werkzeugbahn, entlang derer das Fräswerkzeug bei der Fräsbearbeitung bewegt wird, mindestens eine Kollisionskontur definiert. Die Lage bzw. Ausrichtung des Fräswerkzeugs relativ zu der oder jeder Kollisionskontur wird überwacht. Die Lage bzw. Ausrichtung des Fräswerkzeugs wird verändert, wenn zumindest eine der Kollisionskonturen vom Fräswerkzeug verletzt wird. Weiterhin liegt es im Sinne der Erfindung, eine Fehlermeldung bzw. ein Fehlerprotokoll zu generieren, wenn zumindest eine der Kollisionskonturen verletzt wird. Das Erzeugen bzw. Generieren der Fehlermeldung bzw. des Fehlerprotokolls kann auch anstelle der Veränderung der Fräserlage durchgeführt werden.

Wie Fig. 1 und 2 entnommen werden kann, sind beim Fräsen des Strömungskanals 13 prinzipiell zwei Arten von Kollisionen des Fräswerkzeugs 14 mit den Rotorscheaufeln 11, 12 denkbar. Bei der in Fig. 1 gezeigten Möglichkeit, wird mit dem Fräswerkzeug 14 die den Strömungskanal 13 auf der rechten Seite begrenzende Rotorscheaufel 12 herausgefräst. Bei zu starker Neigung des Fräswerkzeugs 14 kann eine Kollision mit der anderen Rotorscheaufel 11 auftreten, die der Rotorscheaufel 12 gegenüberliegt, die vom Fräswerkzeug 14 bearbeitet wird. Fig. 2 visualisiert hingegen eine Kollision des

Fräswerkzeugs 14 mit der Rotorscheufel 11, die aktuell vom Fräswerkzeug 14 bearbeitet wird. Beide Kollisionsarten werden vom erfindungsgemäßen Fräsverfahren abgedeckt.

Die zu definierenden Kollisionskonturen, die vom Fräswerkzeug 14 nicht verletzt werden dürfen, entsprechen den Oberflächen bzw. Kanten der herauszufräsenden Rotorscheufeln 11 und 12. Diese können dadurch definiert werden, dass das Fräswerkzeug mit seiner Spitze entlang der Kanten der herauszufräsenden Rotorscheufeln verfahren wird und alle Bewegungen, die entlang dieser Kanten durchgeführt werden, als Kollisionskonturen definiert werden. Die Kollisionskonturen beziehen sich also immer auf das zu fertigende Bauteil und definieren einen Bereich, den das Fräswerkzeug 14 weder mit seinem Schaft noch mit seinem Radius verletzen darf.

In dem Fall, in dem das Fräswerkzeug 14 die Kollisionskontur verletzt, die der aktuell zu fräsenden Seitenwand entspricht (siehe Fig. 2), wird die Lage bzw. Ausrichtung des Fräswerkzeugs 14 derart verändert, dass die Verletzung dieser Kollisionskontur beseitigt wird. Hierzu wird der Anstellwinkel des Werkzeugvektors soweit vergrößert, dass eine kollisionsfreie Bewegung des Fräswerkzeugs 14 möglich wird.

In dem Fall, in dem das Fräswerkzeug 14 die Kollisionskontur verletzt, die der Seitenwand entspricht, welche der aktuell zu fräsenden Seitenwand gegenüberliegt (siehe Fig. 1), wird erfindungsgemäß eine Fehlermeldung bzw. ein Fehlerprotokoll erzeugt. In diesem Fall wird der Anstellwinkel des Fräasers nicht verändert.

Wird beim obigen Verfahren festgestellt, dass der Fräser bzw. das Fräswerkzeug 14 nicht kollisionsfrei durch den Strömungskanal 13, der durch die Kollisionskonturen begrenzt wird, bewegt werden kann, so wird erfindungsgemäß der Fräserradius bzw.

Fräserdurchmesser des Fräswerkzeugs angepasst. Der Fräserdurchmesser muss dann soweit verringert werden, dass eine kollisionsfreie Fertigung des Bauteils möglich ist.

Alternativ ist es auch möglich die Vorlaufwinkel anzupassen, so dass mit veränderten Vorlaufwinkeln eine kollisionsfreie Fertigung des Bauteils möglich ist.

Mithilfe der hier vorliegenden Erfindung wird ein Fräsverfahren vorgeschlagen, bei welchem die Werkzeugbahnen bzw. die Werkzeugvektoren durch Vorgabe von

Vorlaufwinkel und Anstellwinkel definiert werden, und wobei gleichzeitig eine Kollision des Fräasers mit den Oberflächen des zu fertigenden Bauteils sicher vermieden werden kann. Hierdurch wird die Fräsbearbeitung von Bauteilen insgesamt verbessert. Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich besonders vorteilhaft beim 5-Achsfräsen einsetzen.

5

Das erfindungsgemäße Fräsverfahren kann insbesondere zur Fertigung von integral beschaufelten Rotoren für Gasturbinen, sogenannten Blades Disks (Blisks) oder Bladed Rings (Blings), eingesetzt werden.

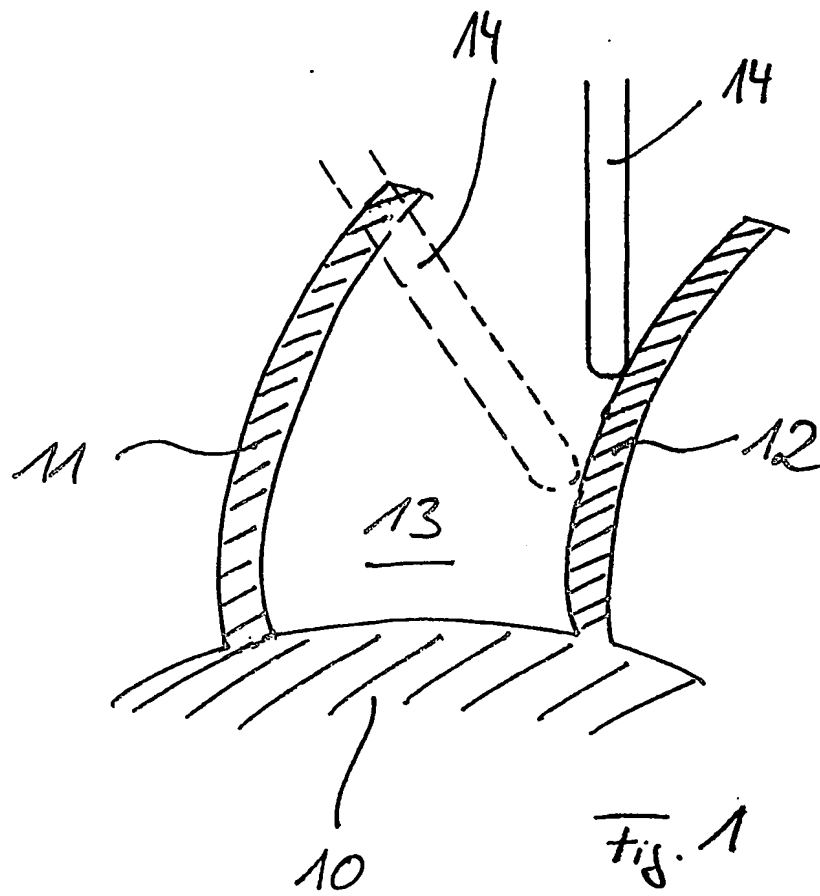
Bezugszeichenliste

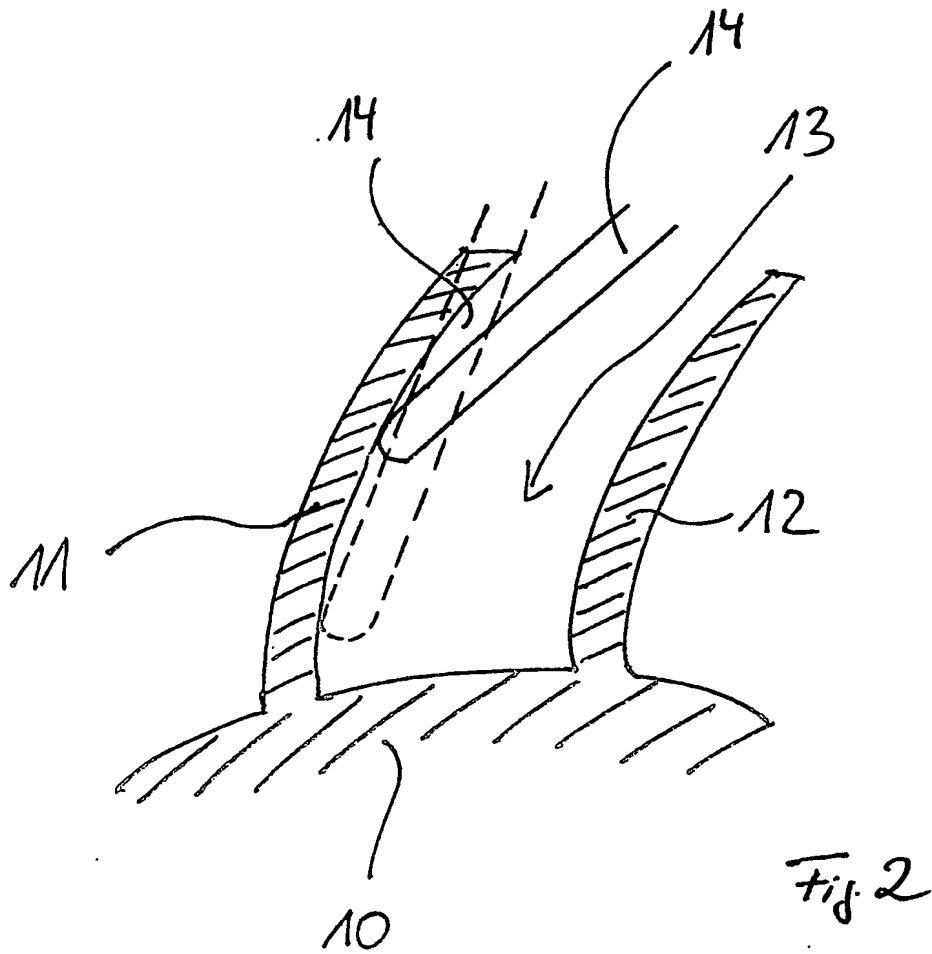
	Rotor	10
	Rotorscheufel	11
5	Rotorscheufel	12
	Strömungskanal	13
	Fräswerkzeug	14

Patentansprüche

1. Fräsverfahren zur Fertigung von Bauteilen aus schwer zerspanbaren Werkstoffen
5 unter Erzeugung von Vertiefungen mit mindestens einer Seitenwand,
insbesondere zur Fertigung von integral beschaukelten Rotoren für Gasturbinen,
wobei die Vertiefungen insbesondere Strömungskanäle und die Seitenwände
insbesondere Schaufeloberflächen bilden, wobei ein Fräswerkzeug zum Fräsen
entlang mindestens einer definierten Werkzeugbahn bzw. Fräsbahn bewegt wird,
10 **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich zu der oder jeder Werkzeugbahn
mindestens eine Kollisionskontur definiert wird, wobei die Lage bzw. Ausrichtung
des Fräswerkzeug relativ zu der oder jeder Kollisionskontur überwacht wird, und
wobei die Lage bzw. Ausrichtung des Fräswerkzeug verändert wird und/oder eine
Fehlermeldung generiert wird, wenn zumindest eine der Kollisionskonturen vom
15 Fräswerkzeug verletzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** und die Lage bzw.
Ausrichtung des Fräswerkzeugs entlang der oder jeder Werkzeugbahn relativ zum
zu fräsenden Bauteil durch Werkzeugvektoren bestimmt werden, wobei die
20 Werkzeugvektoren mit Vorlaufwinkeln und Anstellwinkeln definiert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Fräsen
von Vertiefungen, die durch zwei Seitenwände begrenzt werden, zwei
Kollisionskonturen definiert werden, wobei eine erste Kollisionskontur einer
ersten Seitenwandkontur und eine zweite Kollisionskontur einer zweiten
25 Seitenwandkontur entspricht.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** dann, wenn das
Fräswerkzeug die Kollisionskontur verletzt, die der aktuell zu fräsenden
Seitenwand entspricht, die Lage bzw. Ausrichtung des Fräswerkzeug derart
30 verändert wird, dass die Verletzung der Kollisionskontur beseitigt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** hierzu der Anstellwinkel des Werkzeugvektors vergrößert wird.
- 5 6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** dann, wenn das Fräswerkzeug die Kollisionskontur verletzt, die der Seitenwand entspricht, welche der aktuell zu fräsenden Seitenwand gegenüberliegt, ein Fehlerprotokoll und/oder eine Fehlermeldung erzeugt wird.
- 10 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fehlerprotokoll zur Dimensionierung des Fräswerkzeugs, insbesondere zur Bestimmung des Fräserdurchmessers, verwendet wird.





Zusammenfassung

- Die Erfindung betrifft Fräsverfahren zur Fertigung von Bauteilen aus schwer zerspanbaren
- 5 Werkstoffen.

- Bei dem Verfahren wird ein Fräswerkzeug zum Fräsen entlang mindestens einer definierten Werkzeugbahn bzw. Fräsbahn bewegt. Erfindungsgemäß wird zusätzlich zu der oder jeder Werkzeugbahn mindestens eine Kollisionskontur definiert, wobei die Lage bzw.
- 10 Ausrichtung des Fräswerkzeug relativ zu der oder jeder Kollisionskontur überwacht wird, und wobei die Lage bzw. Ausrichtung des Fräswerkzeug verändert wird und/oder eine Fehlermeldung generiert wird, wenn zumindest eine der Kollisionskonturen vom Fräswerkzeug verletzt wird (Fig. 1).

